

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 90-летию Сибирского
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2019»**

23 – 24 октября 2019 г.

*Труды
XXI Международной научно-практической конференции
Часть 1*

**Новокузнецк
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 398 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения,
рециклинга и экологии в металлургии.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

носа токсичных элементов потенциальную опасность представляет цинк. Усвоение растениями тяжелых металлов максимально в первые годы размещения ОСВ, с годами концентрация их снижается и становится ниже фонового.

По микробиологической характеристике патогенная микрофлора в изучаемом материале не обнаружена и соответствует СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» [3, 4]. Внесение ОСВ повышает уровень микробной заселенности до эколого-трофического разнообразия, поэтому ОСВ, как мелиоранты отнесены к «загрязненным» по показателям «коли-титр».

Комплексная оценка экологической безопасности использования ОСВ на породах шламохранилища ОАО «ЗСМК» показало, что этот нетрадиционный почвоулучшитель не может рассматриваться в качестве источника внесения дополнительного загрязнения при проведении рекультивационных работ. Содержание питательных элементов сформированных техноземах при размещении ОСВ повышается, что обеспечивает приживаемость и прирастание растительности. Подбор видового состава посеянных трав (злаков) определяется их устойчивостью к экстремальным условиям и почвоулучшающими свойствами (бобовые), что позволяет сформировать устойчивый фитоценоз в условиях неблагоприятного техногенного воздействия отходов металлургического производства, что самым благоприятным образом может отразиться на экологическое состояние пригородной зоны г. Новокузнецка.

Библиографический список

1. Двуреченский В. Г., Андроханов В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // «Живые и биокосные системы». – 2017. – № 20;
2. Отчет о НИР «Экологически безопасное размещение и эффективное использование осадков сточных вод на техногенных ландшафтах Кузбасса». – ФЦП «Интеграция»: Новокузнецк, 2000. – 92 с.
3. СанПин 2.1.7.1038-01 Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов.
4. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.

УДК 66.094.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВОВ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ И ОБЕЗВОЖЕННОГО ШЛАМА ГАЗООЧИСТКИ

Аникин А.Е.¹, Галевский Г.В.², Руднева В.В.², Ноздрин Е.В.³

¹Группа компаний «Сибирский проект»,

г. Новокузнецк, Россия, anikin1985@rambler.ru

²Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк, Россия, kafcmet@sibsiu.ru

³АО «АрселорМиттал Темиртау»,

г. Темиртау, Республика Казахстан, nozdrin1963@yandex.ru

Аннотация. Проведено исследование физико-химических характеристик прокатной окалины и обезвоженного шлама газоочистки кислородно-конвертерного производства. Определены их химический, фазовый, гранулометрический составы и плотность. Установлено, что содержание общего железа в окалине составляет 73,3 %, в шламе – 41,2 %. Определена технологическая целесообразность применения их в процессах металлзации. При этом необходимо предварительное брикетирование в смеси с углеродистым восстановителем.

Ключевые слова: прокатная окалина, обезвоженный шлак газоочистки, кислородно-

RESEARCH PHASE, CHEMICAL AND GRANULOMETRIC COMPOSITIONS OF ROLLING SCALE AND THE DEHYDRATED GAS PURIFICATION SLIME

Anikin A.E.¹, Galevskiy G.V.², Rudneva V.V.², Nozdrin E.V.³

¹ Group of companies «Siberian Project»,
Novokuznetsk, Russia, anikin1985@rambler.ru

²Siberian state industrial university,
Novokuznetsk, Russia, kafcmet@sibsiu.ru

³ JSC «ArcelorMittal Temirtau»,
Temirtau, Republic of Kazakhstan, nozdrin1963@yandex.ru

Abstract. The research of physical and chemical characteristics of rolling scale and the dehydrated slime of gas purification of oxygen and converter production is conducted. Their chemical, phase, granulometric structures and density are defined. It is established that the content of the general iron in scale is 73.3%, in slime – 41.2%. The technological expediency of their application in metallization processes is defined. At the same time preliminary briquetting in mix with carbonaceous reducer is necessary.

Keywords: rolling scale, the dehydrated gas purification slime, oxygen and converter production, chemical, phase, granulometric structures.

Введение

В настоящее время известны следующие технологические варианты металлизации различного сырья [1-4]:

- 1) Получение частично металлизированных материалов для доменных печей.
- 2) Получение металлизированного продукта (губчатого железа) в твердом виде для переплавки в сталеплавильных агрегатах (температура 500-1000 °С).
- 3) Получение металлизированного продукта в пластическом состоянии (получение кричного железа) для различных целей, в том числе как вариант пирометаллургического обогащения труднообогатимых, бедных и комплексных руд (температура 1100-1400 °С).
- 4) Получение жидкого металла (чугуна или полупродукта) для переплава в сталеплавильных печах (температура выше 1200-1400 °С).

Основными твердофазными процессами металлизации являются процессы Midrex, HyL, Danarex, Finmet и др. [5-9], а основными жидкофазными процессами восстановления железа – Corex, Finex, Ромелт, Ausmelt, HIs melt, TECHNORED и др. [2 - 4].

Металлизация мелкозернистых и порошкообразных оксиджелезосодержащих отходов является важным направлением в металлургии. По данным Всемирной ассоциации производителей стали (World Steel Association) [10] производство железа прямого восстановления за последние 10 лет выросло в мире на 18 %, в России – на 66 %, что говорит о чрезвычайно динамическом развитии данного направления. Особенно актуальной металлизация является для мини-заводов в связи с отсутствием в их составе агломерационного производства, позволяющего металлургическим предприятиям полного цикла перерабатывать прокатную окалину, шламы доменного и сталеплавильного производств и другие оксиджелезо-содержащие отходы. Актуальность проблемы обусловлена значительным количеством мини-заводов в мире – порядка одной тысячи [11], и, соответственно, значительным объемом образования оксиджелезосодержащих отходов. По прогнозам, в 2020 году более 50 % мирового производства стали будет обеспечено именно мини-заводами. На территории бывшего СССР уже построено 7 мини-заводов: в России (Комсомольск-на-Амуре, Калуга, Саратовская, Ростовская и Тюменская области), в Белоруссии (Жлобин) и в Молдавии (Кишинев) [11, 12].

Для исследования процессов металлизации оксиджелезосодержащего техногенного сырья необходимо их физико-химическая аттестация. В качестве объекта исследования вы-

браны прокатная окалина и шламы газоочистки кислородно-конвертерного цеха № 1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (шлам ККЦ). Эти материалы исследовались и ранее рядом авторов [13-16], но приведенные данные либо противоречивы, либо недостаточно полны.

Цель исследования

Целью настоящей работы является исследование физико-химических характеристик прокатной окалины и обезвоженного шлама газоочистки кислородно-конвертерного производства (химического, гранулометрического и фазового составов, плотности) – перспективного техногенного оксиджелезосодержащего сырья для получения металлизированных брикетов, востребованных в производстве стали.

Общая характеристика материалов и методы их исследования

Прокатная окалина образуется в результате вторичного окисления поверхностного слоя металла при нагреве перед прокаткой. При нагреве 1 т стали образуется примерно 25-30 кг окалины (2,5-3,0 %) [8]. По данным Всемирной ассоциации производителей стали (World Steel Association) [5], в мире ежегодно образуется до 50 млн. т прокатной окалины, в России – до 1,5 млн. т. На площадке строительного проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК» за год образуется примерно 200 тыс. т прокатной окалины. По данным [6], в среднем на одном металлургическом мини-заводе производится 1,0-1,5 млн. т стального проката, следовательно, образуется примерно 25-45 тыс. т прокатной окалины.

В настоящее время стандартной является следующая схема технологического обращения с прокатной окалиной.

1) Окалина первичных отстойников. Окалина является продуктом окисления наружного слоя раскаленного металла. Как правило, технологическая линия прокатных станов представляет собой цепь последовательно соединенных звеньев: нагревательная печь (колодец) – черновая группа клетей – чистовая группа клетей – оборудование для порезки проката – холодильник. Все звенья технологически связаны рольгангами. По всей технологической цепочке предусмотрены специальные подстановые тоннели, куда поступает использованная после охлаждения оборудования стана вода. Сюда же попадает и отделенная от прокатываемого металла окалина. Отделение окалины производится по всей технологической линии. После нагрева в печи или колодце слиток поступает на приемный рольганг, где предусмотрен отбойник окалины. Окалина удаляется также гидросбивом, паровзрывным способом, окалиноломателями. Вся отделенная окалина поступает в подстановый тоннель и транспортируется водой в первичный отстойник окалины, расположенный в цехе и представляющий собой железобетонный колодец прямоугольной формы с двумя рукавами — подводным и отводящим. В отстойнике осаждаются наиболее крупные частицы окалины размером до 2,5 мм при среднем диаметре частиц 0,5-0,7 мм. Частицы окалины имеют пластинчатую форму. При истинной плотности 4,6-4,9 г/см³ насыпная плотность составляет 1,57-1,37 г/см³. При большом поступлении смазочных материалов в отстойники в окалине обнаруживаются нефтепродукты, что отрицательно влияет на дальнейшую ее утилизацию. В этой окалине содержится до 1,74-3,8 % масел. Из первичного отстойника окалина отгружается грейферным краном в вагоны.

2) Окалина вторичных отстойников. После первичных отстойников вода с мелкими частицами окалины (менее 0,1 мм) поступает на промежуточную насосную станцию, а от нее под давлением подается на вторичные отстойники. Как правило, это многосекционные горизонтальные отстойники. На отстойнике предусмотрена система маслоудаления. Окалина вторичных отстойников содержит повышенное количество нефтепродуктов и воды, что затрудняет ее подготовку и утилизацию. По этой причине этот материал утилизируется в среднем всего на 75,1 %. Окалина из отстойника отбирается грейферным краном. Часть более крупной окалины отбирается из карманов секций и складывается на специальную площадку для подсушивания. По мере поступления вагонов она отгружается потребителям. Содержание нефтепродуктов в этой окалине составляет 1,8 %. Другая часть более мелкой окалины с содержанием нефтепродуктов до 15 % складывается в бетонном бункере и периодически вывозится в отвал.

Наиболее широкое применение окалина нашла в агломерационном производстве в качестве железосодержащего компонента аглошихты.

Шламы кислородно-конвертерного производства образуются при мокрой газоочистке конвертерных газов. Шламы относятся к богатым ($Fe_{\text{общ}} = 55\div 67\%$) или относительно богатым железом ($Fe_{\text{общ}} = 40\div 55\%$). При мокрой газоочистке образуется 10-30 кг шламов на 1 т выплавляемой стали (1-3 %) [9]. Следовательно, в мире образуется примерно 14,0 – 38,0 млн. т шламов ККЦ, в России – 0,5 – 1,5 млн. т.

В настоящее время стандартной является следующая схема технологического обращения со шламами ККЦ. Шлам образуется в результате разбрызгивания сверху потока технической воды на подающиеся в скруббер снизу конвертерные газы, содержащие высокодисперсную пыль. Утилизация суспензии шлама проводится следующим образом. Шлам передается на комплекс обезвоживания, состоящий из радиального отстойника, вакуум-фильтров и сушильного барабана. В радиальном отстойнике происходит сгущение шламовой пульпы с 200 до 600 г/л, в вакуум-фильтре суспензия шлама фильтруется до влажности 32-36 %, в сушильном барабане шламовая паста сушится при температуре 110-120 °С до влажности 8-10 %. Обезвоженный шлак отгружается потребителю, а осветленная вода доочищается на магнитно-водных сепарационных установках и возвращается в оборотный цикл газоочистки.

Наиболее широкое применение обезвоженный шлак нашел в агломерационном производстве в качестве железосодержащего компонента аглошихты. Удельный расход шлама может достигать 200 кг/т агломерата. Однако существенным недостатком данной технологии является тот факт, что в получаемом агломерате повышается содержание цинка и свинца, что недопустимо вследствие значительного влияния указанных примесей на кладку доменных печей. В связи с этим, предлагается ряд альтернативных технологий, таких, как схема с термообработкой шлама в барабанной вращающейся печи, схема с обработкой шлама азотно-кислым отработанным травильным раствором на станции нейтрализации, а также комбинированная двухстадийная схема с твердофазной металлизацией и удалением цинка из шлама и дальнейшее жидкофазное восстановление частично металлизированного полупродукта. Но некоторые металлургические комбинаты, в частности АО «ЕВРАЗ ЗСМК», часть шлама сбрасывают в шламохранилища. Так, в шламохранилище АО «ЕВРАЗ ЗСМК» накоплено около 2,7 млн. т железа в составе железосодержащих шламов.

Следует отметить, что шламы газоочистки разных кислородно-конвертерных цехов значительно различаются по свойствам ввиду того, что используются различные технологии плавки, а также существует три технологии отвода и очистки отходящих конвертерных газов:

- 1) системы, работающие с подсосом воздуха через зазор между конвертером и котлом-охладителем и полным дожиганием в последнем оксида углерода, т.е. с коэффициентом расхода воздуха $\alpha > 1$;
- 2) системы, работающие без доступа воздуха в газовый тракт и без дожигания оксида углерода, т.е. при $\alpha < 0,15$;
- 3) системы, работающие с частичным дожиганием оксида углерода в котле-охладителе конвертерных газов, т.е. при $1 > \alpha > 0$.

При выборе между шламами ККЦ-1 и ККЦ-2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» остановились на шламе ККЦ-1 ввиду большего содержания в нем общего железа.

При проведении анализа физико-химических свойств вышеуказанных материалов определялись следующие характеристики: химический, гранулометрический и фазовый составы, а также плотность.

Определение химического состава проводилось по ГОСТ Р 52939-2008. Массовая доля железа общего определялась по ГОСТ 23581.18-81 (Издание 1987 г. с изм. № 1 от мая 1987 г.), массовая доля оксида железа (II) – по ГОСТ 23581.3-79 (Издание 1986 г. с изм. № 1 от июля 1982 г. и № 2 от января 1986 г.), железа металлического – по ГОСТ 23581.11-79 (Издание 1986 г. с изм. № 1 от января 1986 г.), мышьяка – по ГОСТ 23581.8-79 (Издание 1986 г. с изм. № 1 от января 1984 г. и № 2 от января 1986 г.), фосфора – по ГОСТ 23581.19-91, серы – по ГОСТ 23581.20-81 (Издание 1987 г. с изм. № 1 от мая 1987 г.), меди – по ГОСТ 23581.6-79 (Издание 1986 г. с изм. № 1 от января 1984 г. и № 2 от января 1986 г.).

Определение гранулометрического состава проводилось по ГОСТ-27562-87, фазовый

состав определялся методом рентгеновского анализа. Определение плотности проводилось по ГОСТ 26732-88.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты определения химического состава прокатной окалины и шлама приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что прокатная окалина имеет большее содержание железа общего (73,3 %), чем шлам ККЦ-1 (41,18 %). Следует отметить, что содержание железа общего в шламе ККЦ-2 составляет около 35 %. В распределении железа по оксидам наблюдается следующая картина: в прокатной окалине на долю FeO приходится 75,5 %, а на долю Fe₂O₃ – 20,86 %; в шламе наоборот, на долю FeO приходится 4,69 %, а на долю Fe₂O₃ – 53,67 %.

Таким образом, прокатная окалина является менее окисленной, чем шлам. Также следует отметить низкое содержание в прокатной окалине (менее 3 %) соединений, не содержащих железо. В шламе, напротив, содержание CaO доходит до 20,59 %. Кроме того, в прокатной окалине на порядок ниже содержание серы и фосфора – 0,036 % и 0,019 % соответственно против 0,21 % и 0,15 % в шламе. Однако в шламе содержатся элементы и соединения, являющиеся легирующими при производстве стали. Это соединения марганца, никеля, ванадия, хрома. Также в шламе содержится до 4,32 % общего углерода, в том числе до 0,82 % твердого углерода. Таким образом, и прокатная окалина, и шлам представляют интерес как оксиджелезосодержащее сырье для процесса металлизации.

Таблица 1 – Химический состав прокатной окалины и шлама

Химический состав, %	Окалина	Шлам
Fe _{общ.}	73,30	41,18
Fe _{привед.}	Не опр.*	54,08
Fe ₂ O ₃	20,86	53,67
FeO	75,50	4,69
SiO ₂	2,24	1,47
Al ₂ O ₃	0,20	0,12
CaO	0,24	20,59
MgO	0,24	0,36
K ₂ O	Не опр.	0,13
Na ₂ O	То же	0,10
TiO ₂	»	0,04
Mn	»	0,74
MnO	0,66	Не опр.
P	0,019	0,15
Cr ₂ O ₃	Не опр	0,016
V ₂ O ₅	То же	0,04
S _{общ.}	0,036	0,21
SO ₃	Не опр.	0,07
S _{сульфид.}	То же	0,18
BaO	»	< 0,01
Ni	»	0,012
Cu	»	0,03
Zn	»	0,28
Pb	»	0,09
As	»	0,0025
C _{общ.}	»	4,32
C _{тв.}	»	0,82
П.п.п.	»	16,57

* Не определялось

Результаты исследования гранулометрического состава окалины и шлама приведены

в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что шлам является более высокодисперсным материалом, чем прокатная окалина.

Преобладающим минералом шлама является магнетит. Также присутствуют гематит, вюстит, кальцит, полевой шпат. Полученные данные хорошо согласуются с данными химического анализа. Истинная плотность прокатной окалины составила от 4,6 до 4,9 г/см³, конвертерных шламов – от 3,5 до 5,0 г/см³. Таким образом, плотность прокатной окалины и шлама ККЦ сопоставима.

Проведенный анализ свойств указанного оксиджелезосодержащего сырья позволяет сделать вывод о целесообразности его использования в процессе металлизации. При этом более предпочтительно использование прокатной окалины ввиду большего содержания в ней общего железа.

Таблица 2 - Гранулометрический состав прокатной окалины и шлама

Содержание класса крупности, %	Окалина	Шлам / Slime
> 2,5 мм	24,7	7,4
1,6-2,5 мм	18,3	3,6
1,0-1,6 мм	20,3	3,8
0,63-1,0 мм	6,1	5,6
0,315-0,63 мм	12,3	8,5
0,16-0,315 мм	11,5	6,9
0,10-0,16 мм	3,7	4,0
0,063-0,10 мм	1,5	4,8
0,05-0,063 мм	1,4	1,9
0,032-0,05 мм	0,2	9,0
0,016-0,032 мм	–	22,3
0,008-0,016 мм	–	10,3
< 0,008 мм	–	11,9
Итого	100,0	100,0

Выводы

Исследованы химический, фазовый, гранулометрический составы и плотность прокатной окалины и обезвоженных шламов газоочистки кислородно-конвертерного цеха № 1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Содержание общего железа в окалине составляет 73,3 %, в шламе – 41,2 %. При этом содержание FeO и Fe₂O₃ составляет в окалине 75,5 % и 20,9 %, в шламе 4,7 % и 53,7 %. Установлено, что в окалине на порядок ниже содержание серы и фосфора – 0,036 % и 0,019 % соответственно против 0,21 % и 0,15 % в шламе. Шлам содержит также 20,6 % CaO, 4,3 % общего углерода. Гранулометрические составы окалины и шлама существенно отличаются: содержание классов крупности +1,0 мм и -0,016 мм составляет в окалине 63,3 % и 0 %, в шламе – 14,8 % и 44,5 %. Истинная плотность окалины составляет 4,6 – 4,9 г/см³, шлама – 3,5 -5,0 г/см³. Полученные результаты подтверждают технологическую целесообразность использования мелкозернистой окалины и порошкообразного шлама в процессах металлизации, включающих их предварительное брикетирование в смеси с углеродистым восстановителем, например, буроугольным полукоксом, поставляемым в виде мелкозернистого продукта класса 0 – 3 мм.

Библиографический список

1. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. *Металлургия железа : учеб. для вузов.* М.: *Металлургия*, 2007. 320 с.
2. Люнген Х.Б., Петерс М., Шмеле П. *Производство чугуна // Черные металлы.* 2010. № 9. С. 52–66.
3. Рощин В.Е., Рощин А.В. *Электрометаллургия и металлургия стали : учеб. для вузов.* Челябинск : ЮУрГУ, 2013. 572 с.
4. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Тимофеев Е.С. *Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья : учеб. пособие для вузов.* Старый Оскол : ТНТ, 2014. 303 с.

5. Казаков Р.А. [и др.] Возможность повышения энергоэффективности при использовании технологий внедоменного получения железа // *Металлург.* 2013. № 2. С. 30–33.
6. Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Ходосов И.Е. Прямое получение железа : состояние вопроса, тенденции // *Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XX Международной научно-практической конференции* (г. Новокузнецк, 2017 г.). Новокузнецк, 2017. Ч. 1. С. 130-134.
7. Тимофеева А.С. [и др.]. Ресурсосбережение в металлургии прямого восстановления железа // *Бюллетень «Черная металлургия».* 2014. № 2. С. 35-39.
8. Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Rybenko I.A., Khodosov I.E. Energy-efficient reduction of iron from its ores // *Steel in Translation.* 2016. Vol. 46. № 4. Pp. 237-244.
9. Панишев Н.В. [и др.]. Переработка металлозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка // *Теория и технология металлургического производства.* 2014. № 2(15). С. 22-26.
10. *Steel Statistical Yearbook 2016.* Brussels : Worldsteel Committee on Economic Studies [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr...fetc.../Steel+Statistical+Yearbook+2016.pdf>. (16.03.2018).
11. Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Ходоровская И.Ю. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии : учеб. пособие. Екатеринбург : ООО «УИПЦ», 2012. 670 с.
12. Цирульников Е.В. Новый металлургический завод ООО «НЛМК-Калуга» // *Черные металлы.* 2013. № 9. С. 33–35.
13. Махортова Ю.В., Бондарь А.С. Источники образования и физико-химические свойства отходов прокатного производства [Электронный ресурс]. URL: <http://masters.donntu.org/2009/fizmet/makhortova/library/article3.htm>. (10.02.2018).
14. Добровольский И.П., Рымарев П.Н., Сафина Т.А. Перспективная технология применения шламов и пыли конвертерного производства // *Вестник Челябинского государственного университета.* 2008. № 17. С. 31–35.
15. Едильбаев А.И. [и др.]. Комплексное исследование углей Казахстана как углеродистого сырья для прямого восстановления железа // *Кокс и химия.* 2013. № 9. С. 20-27.
16. Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Hodosov I.E. The use of coal in a solid phase reduction of iron oxide // *JOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2015. No. 91 Pp. 1-8.

УДК 621.928

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Соловьев А.К., Шевченко А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, ak100752@yandex.ru*

Аннотация. Предлагается реконструкция системы отопления здания административно – бытового корпуса ООО «Технологии рециклинга» путем замещения тепловой энергии электродога на тепловую энергию котла, работающего на древесных отходах.

Ключевые слова: биотопливо, топливная щепка, древесные отходы, электродога.

ENERGY USE OF WOOD WASTE

Solovyov A.K., Shevchenko A.A.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, ak100752@yandex.ru*

Abstract. It is proposed to reconstruct the heating system of the building of the administra-

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4
МЕТАЛЛУРГИЯ КУЗБАССА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ <i>Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Галевский Г.В., Козырев Н.А., Коротков С.Г., Фастыковский А.Р.</i>	4
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ <i>Протопопов Е.В., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	9
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р.</i>	14
ФЕРРОСПЛАВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В МИРЕ И РОССИИ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ёлкин К.С., Голодова М.А.</i>	20
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ <i>Козырев Н.А.¹, Шевченко Р.А., Протопопов Е.В., Кратько С.Н., Хомичева В.Е.</i>	33
85 ЛЕТ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ. К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ СИБГИУ <i>Коротков С.Г., Темлянец М.В., Стерлигов В.В.</i>	44
МОЛИБДЕНОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ : СЫРЬЕВАЯ БАЗА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ <i>Полях О.А., Комрони М.</i>	55
РЕСУРСО – И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК С ТЕРМОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ <i>Лубяной Д.А., Мамедов Р.О., Князев С.В.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛАКОВ РАФИНИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ходосов И.Е., Ёлкин К.С.</i>	66
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА, ЕГО СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ <i>Горлова А.А., Галевский Г.В., Руднева В.В.</i>	72
КОМПАНИЯ SINF – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИНЖИНИРИНГЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Чжан Кэ</i>	78
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ <i>Павловец В.М.</i>	81
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПОДОВОЙ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ <i>Горлова А.А., Зербач О.В., Галевский Г.В.</i>	90
ПРИМЕНЕНИЕ ДИБОРИДА ТИТАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАТОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Гордиевский О.И.</i>	94
ПРОИЗВОДСТВО ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ: ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО <i>Лысенко О.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.</i>	101

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.⁴, Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	110
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	118
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	118
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СКРАПА ШЛАКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ <i>Амелин А.В., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	124
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ <i>Прошунин И.Е., Нохрина О.И., Рожихина И.Д.</i>	128
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ КОНВЕРТЕРНОГО ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</i>	133
СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Сметанюк С.В., Пономарева К.В., Гаврилов Г.Н.</i>	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК И СЛИТКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Базлова Т.А., Сметанюк С.В., Соколов А.А.</i>	146
МЕЛКОСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЛИТЫХ ПОРИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И., Куценко А.А., Соколов Б.М.</i>	152
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ МАРКИ Э90ХАФ <i>Симачев А.С., Осколкова Т.Н.</i>	159
МНОГОСТАДИЙНАЯ ПРОТЯЖКА КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НА ПЛОСКИХ БОЙКАХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ <i>Перетягко В.Н., Вахман С.А., Филиппова М.В., Юрьев А.Б.</i>	164
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ <i>Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С., Дорофеев В.В.</i>	170
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ – РАЗДЕЛЕНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Фастыковский А.Р., Беляев С.В.</i>	175
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ВОЛОЧЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р., Чинокалов Е.В.</i>	180
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА И КОЛЕБАНИЙ ПОЛОСЫ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В.</i>	184

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	188
ПОСТРОЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ-ВОЛОЧИЛЬЩИКОВ В РЕЖИМЕ МНОГОСТАНОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	196
РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ КАЛИБРОВОК АСИММЕТРИЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ РЕЛЬСОБАЛОЧНОМ СТАНЕ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Дорофеев В.В., Добрянский А.В., Фастыковский А.Р.</i>	202
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ НА ИЗНОС И УДАР В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю.</i>	208
ДЛИНА ЗОНЫ ПЛАВНОГО ПЕРЕХОДА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЁСТКОСТИ С- И Н-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЕЙ, ФОРМУЕМЫХ ПО ПОЛУЗАКРЫТЫМ СХЕМАМ <i>Филимонов А.В., Филимонов С.В., Филимонов В.И.</i>	213
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВОЙ ФОРМЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Ковалева Т.В., Еремин Е.Н.	219
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕЛЮЩИХ ШАРАХ <i>Исагулов А.З., Аубакиров Д.Р.</i>	223
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ <i>Исагулов А.З., Исагулова Д.А.</i>	228
ДЕФОРМАЦИЯ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СВОЙСТВА ПОРШНЕВЫХ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Афанасьев В.К., Прудников А.Н., Прудников В.А.</i>	234
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ	241
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	241
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ ОКСИДА ПРИ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Бащенко Л.П., Михно А.Р.</i>	244
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO_3 АЛЮМИНИЕМ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ <i>Крюков Р.Е., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Козырев Н.А., Шурупов В.М.</i>	251
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Михно А.Р., Бащенко Л.П.</i>	256
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ ФЕРРОХРОМА <i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Прудников А.Н., Михно А.Р.</i>	261
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОВШЕВОГО ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В КАЧЕСТВЕ ФЛЮС – ДОБАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Уманский А.А.</i>	267

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ <i>Осколкова Т.Н., Глезер А.М.</i>	272
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ <i>Полях О.А., Полях К.Е., Вильдеманн В.</i>	277
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	281
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМООБРАБОТКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Черновский Г.Н., Крушенко Г.Г., Стафецкис Л., Черепанов А.Н.</i>	285
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ <i>Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р.</i>	294
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПЛАЗМОСИНТЕЗА ДИБОРИДА ТИТАНА <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Ефимова К.А.</i>	298
ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НОВЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК СИСТЕМЫ Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo <i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Гусев А.И., Осетковский И.В., Михно А.Р.</i>	306
СВАРОЧНЫЙ ФЛЮС НА ОСНОВЕ БАРИЙ – СТРОНЦИЕВОГО МОДИФИКАТОРА И ШЛАКА СИЛИКОМАНГАНА <i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Попова М.В.</i>	322
ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ХРОМИСТОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ <i>Еремин Е.Н., Лосев А.С., Бородихин С.А., Пономарев И.А.</i>	328
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Sn-Sb, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ <i>Калашиников И.Е., Болотова Л.К., Быков П.А., Катин И.В., Кобелева Л.И.</i>	334
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ <i>Шевченко Р.А., Кузнецов В.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р.</i>	338
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ <i>Кузнецов В.А., Шевченко Р.А., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р.</i>	342
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ <i>Алексеева Т.И., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г.</i>	347
ОСОБЕННОСТИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА(VI) В ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ АЗОТА <i>Баротов Ф.Б., Ноздрин И.В.</i>	351
СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	355
БИОМОНИТОРИНГ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Водолеев А.С., Сияевский Д.В., Кривцова Ю.В.</i>	355
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВОВ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ И ОБЕЗВОЖЕННОГО ШЛАМА ГАЗООЧИСТКИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Ноздрин Е.В.</i>	358

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ <i>Соловьев А.К, Шевченко А.А.</i>	364
ВЫБОР МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ <i>Стерлигов В.В.</i>	369
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОПЛИВА <i>Стерлигов В. В.</i>	373
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ – КАТАЛИЗАТОРЫ ОЧИСТКИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	377
ОЦЕНКА РИСКОВ НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	379
ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ <i>Апасов А.М.</i>	384